

Uji Kinerja Dekortikator Sistem Kering untuk Daun Sisal

Gatot Suharto Abdul Fatah, Dwi Adi Sunarto, Yoga Angangga Yogi

Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat

Jln. Raya Karangploso, Kotak Pos 199, Malang, Indonesia

E-mail: gsafatah@yahoo.com

Diterima: 3 Desember 2019; direvisi: 13 Februari 2020; disetujui: 21 Februari 2020

ABSTRAK

Tanaman sisal (*Agave sisalana* L.) merupakan tanaman serat alam yang dimanfaatkan untuk membuat tali, kertas, kain, alas kaki, topi, tas, karpet, papan permainan, dan bahan industri penting lainnya. Pengembangan sisal berada di daerah marginal dengan ciri utamanya keterbatasan ketersediaan air, sehingga kegiatan usaha tani sisal mulai dari budidaya hingga pascapanen harus mempertimbangkan kondisi tersebut. Untuk proses penyeratan daun sisal diperlukan mesin penyerat atau dekortikator. Mesin dekortikator yang tersedia saat ini berkerja dengan sistem basah menggunakan aliran air. Untuk mendukung pengembangan sisal di Indonesia, dekortikator tersebut perlu dimodifikasi fungsinya untuk penyeratan daun sisal dengan sistem kering atau tanpa aliran air. Tujuan dari penelitian ini adalah menguji kinerja dekortikator yang bekerja untuk proses penyeratan daun sisal dengan sistem kering. Penelitian dirancang menggunakan rancangan percobaan acak lengkap (RAL) dengan jumlah ulangan berbeda (5–10 ulangan), dan perlakuan disusun secara faktorial. Faktor pertama terdiri dari 2 perlakuan yaitu sistem penyeratan kering dan sistem penyeratan basah (pemanding). Faktor kedua terdiri dari 4 perlakuan kecepatan putaran silinder mesin yaitu 600 rpm, 700 rpm, 800 rpm, dan 900 rpm. Sampel daun segar yang digunakan dalam setiap perlakuan sebanyak 5 pelepah daun dengan berat total berkisar 3,5–5 kg. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dekortikator dapat berfungsi untuk proses dekortikasi atau penyeratan daun sisal dengan sistem kering. Kapasitas penyeratan sebesar 101–127 kg daun segar per jam dengan rendemen hasil serat kering sebesar 4,66–4,86 % serat kering per jam pada kecepatan putaran silinder 600–900 rpm. Perlakuan kecepatan silinder 600 rpm merupakan kecepatan yang paling efisien.

Kata kunci: *Agave sisalana* L, dekortikator, sistem kering

Performance Test of Dry System Decorticator for Sisal Leaves

ABSTRACT

Sisal plant (*Agave sisalana* L.) is a natural fiber plant that is used to make ropes, paper, cloth, footwear, hats, bags, carpets, board games, and other important industrial materials. Sisal crop development is in marginal areas with the main characteristic i.e., the limited availability of water, therefore sisal farming activities for cultivation to post-harvest must consider these conditions. To obtain sisal fibers, decorticator is needed. Currently available decorticator is set to wet systems, i.e., using water flow. To support the development of sisal in Indonesia, the function of the decorticator needs to be modified for sizing the sisal leaves with a dry or no water flow system. The purpose of this study is to test the performance of dry system decorticator to sisal-leaf-fiber processing. The study was designed using a completely randomized design (CRD) with a number of different replicates (5–10 replicates), and treatments arranged in factorial. The first factor consists of 2 treatments, namely a dry system and a wet system (as comparison). The second factor consisted of 4 treatments of engine cylinder rotation speed of 600 rpm, 700 rpm, 800 rpm and 900 rpm. Fresh leaf samples used in each treatment were 5 leaf midribs with a total weight ranging from 3.5–5 kg. The results showed that the decorticator could function for the process of decortication for sisal leaves with a dry system. Fibrous capacity of 101–127 kg of fresh leaves per hour with dry fiber yields of 4.66–4.86% per hour at cylinder rotation speed of 600–900 rpm. The 600 rpm cylinder speed treatment is the most efficient speed.

Keyword: *Agave sisalana* L, decorticator, dry system

PENDAHULUAN

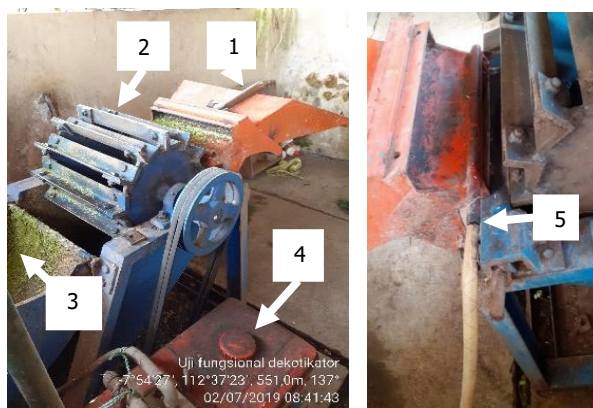
Tanaman sisal (*Agave sisalana* L.) merupakan tanaman serat alam yang dimanfaatkan untuk membuat berbagai produk mulai dari kerajinan hingga produk-produk industri maju. Dari serat sisal dapat dihasilkan kerajinan rakyat yang bernilai ekonomi tinggi (Basuki & Verona, 2017). Di bidang industri, serat sisal dimanfaatkan untuk pembungkus kabel, karung, geotekstil dan jala ikan (Santoso, 2009; Singh & Samanta, 2014). Sebagai bahan pembuatan produk polimer, penggunaan sisal memiliki kelebihan sebagai sumber daya yang dapat diperbaharui, mengurangi emisi karbon, sedikit limbah, aman terhadap lingkungan dibandingkan dengan serat sintesis (Ashik & Sharma, 2015); Ekundayo & Adejuyigbe, 2019). Pada bidang kedokteran gigi, serat sisal digunakan sebagai alternatif pilihan bahan penguat basis gigi tiruan resin akrilik (Mohammed et al., 2015). Hasil samping residu daun sisal dapat dimanfaatkan untuk biogas dan produk lainnya (Ade-Ajayi et al., 2011; Santoso, 2009; Basuki & Verona, 2017). Kelebihan sisal dari serat lainnya pada kekuatan serat yang lebih baik dan tahan terhadap kadar garam yang tinggi (Santoso, 2009; Hulle et al., 2015). Pemanfaatan yang besar dari serat sisal tersebut hingga saat ini belum didukung dengan ketersediaan serat sisal. Untuk menjamin ketersediaan serat sisal, maka program pengembangan sisal harus didorong dan segala kendala dalam pengembangannya harus diatasi. Salah satu kendala dalam pengembangan tanaman sisal adalah proses penyeratan.

Program pengembangan sisal di Indonesia dan di dunia pada umumnya berada di daerah marginal. Selain alasan menghindari persaingan penggunaan lahan untuk pangan, tanaman sisal mampu tumbuh pada lahan marginal, karena tanaman sisal merupakan herba *perennial xerophilik* yang kokoh dan kuat serta bersifat monokarpik (Naik et al., 2016). Tanaman *xerophilik* tergolong ke dalam tumbuhan CAM (*carssulaceae acid*

metabolism). Tanaman seperti ini mampu beradaptasi terhadap kekeringan dengan transpirasi rendah dan tetap melakukan proses fotosintesis. Pada saat kelembaban rendah, stomata membuka pada malam hari dan menutup pada siang hari. Pertumbuhan optimal tanaman sisal dapat dicapai dengan syarat curah hujan 1.000–1.250 mm/tahun, suhu 27°C–28°C, kelembaban udara *moderate* (70%–80%), di tanah lempung berpasir, pH tanah antara 5,5–7,5 tanah berdrainase baik, kandungan Ca dalam tanah cukup, dan sinar matahari yang cukup (Dellaert, 2014).

Budidaya tanaman sisal di Indonesia dilakukan oleh petani dan pengusaha di Madura, Malang Selatan, Jember, Blitar Selatan, serta Kabupaten Sumbawa Besar. Tanaman sisal dibudidayakan dengan sistem tumpangsari dengan palawija seperti jagung, kacang tanah, atau kacang kedelai (Laksamana, 2014). Daerah-daerah pengembangan tanaman sisal tersebut tergolong daerah yang memiliki tanah dengan lapisan olah yang tipis, berbatu atau tergolong lahan kritis dan beriklim kering. Dengan demikian, maka keterbatasan ketersediaan air menjadi ciri utama daerah-daerah pengembangan sisal. Dengan terbatasnya air tersebut, maka semua teknologi yang mendukung pengembangan sisal harus menyesuaikan, salah satunya adalah proses penyeratan.

Alat penyerat atau dekortikator yang dioperasikan di Indonesia saat ini bekerja dengan sistem basah dengan menggunakan aliran air, sehingga kurang mendukung program pengembangan sisal. Untuk memperoleh dekortikator yang dapat bekerja tanpa aliran air atau bekerja dengan sistem kering, maka perlu dilakukan modifikasi fungsi dekortikator yang selama ini bekerja dengan sistem basah difungsikan menjadi dekortikator yang bekerja dengan sistem kering. Mesin dekortikator yang diuji terbagi dalam tiga bagian yaitu bagian pemasukan (lebar luar 70 cm, lebar dalam 40 cm, tinggi 5 cm); penyerat (lebar 40 cm, diameter silinder 30 cm, jumlah pisau pemisah serat terbuat dari besi siku 4 cm



Gambar 1. Mesin dekortikator. Bagian pemasukan (1), bagian penyerat (2), bagian lubang pengeluaran (3), bagian motor penggerak (4), dan pipa saluran air (5).

tebal 0,5 cm sebanyak 12 buah, lubang pengeluaran (lebar 42 cm), dan motor disel berkekuatan 8,5 HP (Gambar 1). Saluran air berada diujung dalam bagian atas sepanjang lubang pemasukan berupa pipa besi berlubang. Hulle et al., (2015) melaporkan bahwa jarak antara pemukul dan lubang pemasukan sangat berpengaruh terhadap kualitas serat, jarak antara pisau pemukul dengan lubang pemasukan dekortikator ini adalah 0,4 cm. Daun sisal (*A. sisalana*) yang digunakan sebagai bahan uji adalah daun sisal segar (panen < 24 jam) hasil panen koleksi plasma nutfah yang ditanam di IP2TP Karangploso. Ukuran panjang daun berkisar 140–160 cm dan berat daun 0,75–1,00 kg dengan kandungan air rata-rata sebesar 81%. Tujuan penelitian untuk menguji kinerja dekortikator yang difungsikan dalam penyeratan sisal dengan sistem kering atau tanpa aliran air.

BAHAN DAN METODE

Kegiatan pengujian dilaksanakan di Instalasi Penelitian dan Pengkajian Teknologi (IP2TP) Karangploso, Kabupaten Malang pada bulan Januari sampai dengan Juli 2019.

Penelitian dirancang menggunakan rancangan percobaan acak lengkap (RAL) dengan jumlah ulangan berbeda (5–10 ulangan), dan perlakuan disusun secara

faktorial. Faktor pertama terdiri dari 2 perlakuan yaitu sistem penyeratan kering dan sistem penyeratan basah (pembanding). Faktor kedua terdiri dari 4 perlakuan kecepatan putaran silinder mesin yaitu 600 rpm, 700 rpm, 800 rpm, dan 900 rpm. Penyeratan sistem kering adalah proses penyeratan tanpa aliran air, sedangkan penyeratan sistem basah adalah penyeratan daun disertai dengan aliran air pada saat penyeratan. Kecepatan putaran silinder mesin diukur sebelum daun diumpangkan dengan menggunakan alat pengukur putaran *contact Tachometer*. Sampel daun yang digunakan dalam setiap perlakuan sebanyak 5 pelepah daun dengan berat total berkisar 3,5–5 kg.

Pengukuran kapasitas penyeratan dilakukan melalui pengukuran waktu penyeratan daun sisal yang dimulai pada awal daun diumpangkan pada bagian penyeratan agar tertumbuk oleh pisau pemukul melalui lubang pemasukan hingga seluruh daging daun bersih. Total daun yang diumpangkan sebanyak 5 daun yang diumpangkan secara bergantian oleh 2 orang pekerja. Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan penyeratan kelima daun tersebut dicatat. Variabel pengamatan lainnya yang dicatat adalah berat daun segar, berat serat kering, dan konsumsi bahan bakar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dekortikasi merupakan salah satu cara yang dilakukan untuk memisahkan serat daun sisal secara mekanis menggunakan dekortikator. Dekortikator yang diuji dalam penelitian ini adalah dekortikator yang dirancang untuk berkerja dengan sistem basah dan alat tersebut diuji untuk bekerja dengan sistem kering. Prinsip kerja dekortikator ini yaitu serat dipisahkan dari daging daun melalui proses penumbukan dengan benda tumpul yang terbuat dari besi siku berukuran lebar 5 cm dan tebal 0,5 cm, sebagai pemukul. Pemukul tersebut menempel pada silinder yang berputar, sehingga saat diputar dapat menumbuk daun sisal secara berulang-ulang

untuk memisahkan serat dari daging daun. Dari proses pemukulan tersebut daging daun hancur menjadi pulp dan sekaligus disisir oleh besi pemukul tersebut untuk dikeluarkan melalui lubang pengeluaran. Perbedaan dekortikasi sistem kering dan basah adalah aliran air yang diberikan pada saat proses penyeratan. Pada sistem basah selama proses penghancuran dan penyisiran pulp daging daun dibantu dengan aliran air, sedangkan sistem kering tanpa bantuan air.

Kemampuan kerja mesin diukur berdasarkan kapasitas penyeratan daun sisal. Data kapasitas dekortikator yang dioperasikan dengan sistem kering dan basah tersaji pada Tabel 1. Berdasarkan kapasitas penyeratan menunjukkan bahwa dekortikator yang bekerja dengan sistem kering dapat berfungsi dengan baik. Berdasarkan hasil analisa statistik menunjukkan bahwa antara perlakuan sistem penyeratan dan kecepatan putaran silinder tidak ada interaksi. Kapasitas penyeratan tidak berbeda antara sistem kering dan sistem basah. Kapasitas sistem kering sebesar 112 kg daun segar dan sistem basah 115 kg per jam daun segar. Demikian juga rendemen serat kering yang dihasilkan tidak berbeda nyata diantara keduanya yaitu 4,86% atau 5,44 kg

serat kering per jam untuk sistem kering dan 4,54% atau 5,22 kg serat kering per jam. Dekortikasi sistem dapat mencapai kapasitas yang tidak berbeda dengan sistem basah, karena daun sisal yang diproses adalah daun segar dengan kandungan air lebih dari 80%. Jika daun sisal yang diproses adalah daun dengan kandungan air yang lebih rendah atau bahkan kering, diperkirakan hasil yang dicapai akan berbeda.

Kecepatan putaran silinder 600 sampai dengan 900 rpm tidak berpengaruh terhadap kapasitas penyeratan (Tabel 2). Kapasitas yang dicapai berkisar antara 101 kg sampai dengan 127 kg daun segar per jam. Rendemen serat kering yang dihasilkan juga tidak berbeda nyata berkisar 4,66–4,86 % atau 4,66 kg–6,14 kg serat kering per jam. Ahmad et al., (2017) menguji dekortikator sistem kering dengan kecepatan silinder 1.000–1.500 rpm, kapasitas yang dicapai 310 kg daun segar per jam dengan rendemen 3,2% atau 15,94 kg serat kering per jam. Menurut Ahmad et al., (2017) kecepatan putaran silinder berpengaruh terhadap kapasitas mesin dan semakin cepat putaran silinder berpengaruh terhadap rendemen serat. Kecepatan tinggi jumlah serat

Tabel 1. Kapasitas dekortikasi mesin dengan metode penyeratan kering dan basah

Metode penyeratan	Kapasitas penyeratan		
	Daun segar (kg/jam)	Serat kering (kg/jam)	Rendemen serat (%)
Kering	112 a ^{*)}	5,44 a ^{*)}	4,86
Basah	115 a	5,22 a	4,54

*) Angka yang didampingi oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasar uji BNT 5%.

Tabel 2. Kapasitas dekortikasi mesin pada beberapa kecepatan silinder.

Putaran silinder (rpm)	Kapasitas penyeratan		
	Daun segar (kg/jam)	Serat kering (kg/jam)	Rendemen serat (%)
600	105 a ^{*)}	5,07 a ^{*)}	4,82
700	101 a	4,66 a	4,66
800	113 a	5,49 a	4,86
900	127 a	6,14 a	4,84

*) Angka yang didampingi oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasar uji BNT 5%.

yang ikut terbang lebih tinggi dan memerlukan ketrampilan operator yang tinggi, sehingga rendemen serat kering yang diperoleh menurun. Dengan demikian pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini termasuk dalam kategori putaran silinder yang lambat, sehingga kapasitas yang dicapai relatif rendah dan rendemen serat yang diperoleh relatif tinggi. Kapasitas kerja dekortikator diperkirakan masih dapat ditingkatkan dengan meningkatkan kecepatan putaran silinder dan ketrampilan operator. Putaran mesin penggerak disel 8,5 HP dapat berputar lebih dari 2.000 rpm.

Konsumsi bahan bakar antara perlakuan sistem penyeratan dan kecepatan putaran silinder tidak ada interaksi. Konsumsi bahan bakar tidak dipengaruhi oleh sistem penyeratan kering maupun basah, tetapi dipengaruhi kecepatan putaran silinder. Konsumsi bahan bakar pada proses penyeratan berbanding lurus dengan putaran silindernya. Semakin cepat putaran silinder, maka konsumsi bahan bakar juga semakin banyak (Tabel 3). Dengan putaran silinder 600 rpm, dekortikator mampu menghasilkan serat tidak berbeda dengan putaran silinder perlakuan yang lebih cepat dengan konsumsi bahan yang lebih sedikit,

maka perlakuan kecepatan silinder 600 rpm dapat dikatakan perlakuan yang paling efisien.

Tabel 3. Konsumsi bahan bakar operasional dekortikator pada sistem kering atau basah

Basah putaran silinder (rpm)	Konsumsi bahan bakar (l/jam)
600	0,50 a *)
700	0,55 a
800	0,64 b
900	0,79 c

*) Angka yang didampingi oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasar uji BNT 5%.

Dekortikasi sistem kering menghasilkan serat basah dengan warna sedikit kehijau-hijauan bila dibandingkan dengan serat yang dihasilkan dengan sistem basah (Gambar 2). Warna kehijau-hijauan yang disebabkan oleh warna hijau daun tersebut terlihat sedikit berpengaruh terhadap kecerahan warna serat setelah dikeringkan. Warna serat hasil sistem basah sedikit lebih cerah dibanding hasil serat sistem kering. Sedikit perbedaan warna tersebut diperkirakan akan berpengaruh jika pemanfaatan serat sisal tersebut untuk benang tekstil. Namun jika digunakan untuk produk industri lainnya, sedikit perbedaan warna tersebut kurang berpengaruh terhadap mutu



Gambar 2. A. Serat basah : Sistem dekortikasi kering (1), Sistem dekortikasi basah (2)
B. Serat kering : Sistem dekortikasi kering (3), Sistem dekortikasi basah (4)

produk yang dihasilkan. Dengan mempertimbangkan lokasi lahan untuk pengembangan sisal yang berada di daerah marginal dengan faktor ketersediaan air sebagai faktor pembatasnya, maka kemampuan dekortikator yang dapat berfungsi dengan baik meskipun tanpa aliran air lebih diperlukan dibanding perbedaan warna serat tersebut.

Kebutuhan dekortikator yang dapat berfungsi tanpa aliran air atau kering sebagai salah satu kebutuhan teknologi untuk mendukung pengembangan sisal di Indonesia. Dekortikator yang bekerja dengan sistem basah sangat tidak mungkin diterapkan dalam pengembangan sisal, sehingga sedikit kekurangan pada kecerahan warna serat yang dihasilkan dapat tertutupi dengan kebutuhan teknologi dan kelebihan sistem dekortikasi sistem kering. Kelebihan dekortikasi sistem kering selain tidak membutuhkan air, akan diperoleh limbah berupa pulp daging daun yang lebih kental. Limbah yang dihasilkan dari proses dekortikasi berupa cairan daging daun dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku shampo melalui beberapa proses lanjutan (Nurnasari & Nurindah, 2017). Srinivasakumar et al., (2013) juga melaporkan bahwa air ampas daun sisal dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan obat-obatan dan kosmetik. Selain itu, sisa dari hasil penyeratan yang mengandung selulosa dapat diolah bioetanol dan biogas melalui proses fermentasi.

Kandungan selulosa tanaman sisal lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman serat lainnya (Reyes et al., 2015). Nurnasari & Nurindah (2017) melaporkan bahwa serat sisal mengandung 64–71 % α -selulosa, 7–17 % lignin, 12 % hemiselulosa, dan 1–2 % abu. Densitas sebesar 800–700 kg/m³, daya serap air 56%, kuat tarik (*tensile strength*) 268 MPa, elastisitas modulus 15 Gpa (Bakri et al., 2012). Berdasarkan karakter yang dimiliki oleh serat sisal tersebut, maka serat sisal berpotensi menjadi bahan industri yang sangat penting. Ketersediaan dekortikator yang dapat bekerja dengan sistem kering diharapkan dapat lebih

mendukung berkembangnya perkebunan tanaman sisal.

KESIMPULAN

Dekortikator dapat berfungsi untuk proses dekortikasi atau penyeratan daun sisal dengan sistem kering. Kapasitas penyeratan sebesar 101–127 kg per jam daun segar dengan rendemen hasil serat kering sebesar 4,66–4,86% serat kering per jam pada kecepatan putaran silinder 600–900 rpm. Perlakuan kecepatan silinder 600 rpm merupakan kecepatan yang paling efisien.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas arahan dan masukan dari Pro. Ir. Nurindah, Ph,D, untuk kegiatan pengujian ini, sehingga hasil pengujian ini dapat dikembangkan menjadi artikel yang layak untuk dipublikasi. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pengujian dan kepada para penelaah hasil pengujian ini. Pengujian kinerja dekortikator ini menggunakan dana insentif Pusat Unggulan Iptek (PUI) Tanaman Serat tahun 2019.

DAFTAR PUSTAKA

- Ade-Ajayi, A., Hammuel, C., Ezeayanoso, C., Ogabiela, E., Udiba, U., Anyim, B., Olabanji, O., 2011. Preliminary Phytochemical and Antimicrobial Screening of *Agave sisalana* Perrine Juice (waste). *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology*. 3(7): J. Environ. Chem. Ecotoxicol. 3, 180–183.
- Ahmad, T., Mahmood, H., Ali, Z., Khan, M., Zia, S., 2017. Design and Development of a Portable Sisal Decorticator. *Pakistan J. Agric. Res.* 30, 209–217.
- Ashik, K., Sharma, R., 2015. A Review on Mechanical Properties of Natural Fiber Reinforced Hybrid Polymer Composites. *J. Miner. Mater. Charact. Eng.* 3, 420–426.

- Bakri, Iqbal, M., Rifki, M., 2012. Analisis Variasi Panjang Serat Terhadap Kuat Tarik dan Lenturpada Komposit yang Diperkuat Agave angustifolia Haw. J. Mek. 3, 240–244.
- Basuki, T., Verona, L., 2017. Manfaat serat sisal (Agave sisalana L.) dan bambu (Bambusoideae) untuk memenuhi kebutuhan masyarakat modern. J. Ilmu-Ilmu Pertanian"AGRIKA". 11, 123–134.
- Dellaert, S., 2014. Sustainability Assessment of The Production of Sisal Fiber in Brazil (Thesis). Utr. Univ. Netherlands. 83 p.
- Ekundayo, G., Adejuyigbe, 2019. Reviewing the Development of Natural Fiber Polymer Composite: A case study of Sisal and Jute. Int. J. Comput. Eng. Sci. Res. 1, 7–17.
- Hulle, A., Kadole, P., Pooja, K., 2015. Effect of decortication on Agave Americana fibers. Meliand Int. 1, 24–25.
- Laksamana, D., 2014. Mengenal Tanaman Sisal. [http://www. Petanihebat.com/2014 /09/ mengenal-tanaman-sisal.html](http://www.Petanihebat.com/2014/09/mengenal-tanaman-sisal.html).
- Mohammed, L., Ansari, M., Pua, G., Jawaid, M., Islam, M., 2015. A Review on Natural Fiber Reinforced Polymer Composite and Its Applications. Int. J. Polym. Sci. 15 p.Naik, R., Dash, Behera, R., Goel, A., 2016. Studies on physical properties of sisal (Agave sisalana) plant leaves. Int. J. Agric. Sci. 8, 2004–2007.
- Nurnasari, E., Nurindah, 2017. Karakteristik Kimia Serat Buah, Serat Batang, dan Serat Daun. Bul. Tanam. Tembakau, Serat dan Miny. Ind. 9, 64–72.
- Reyes, M., Caballero, M., Gómez, L., Calderón, G., 2015. Chemical and morphological characterization of Agave angustifolia bagasse fibers. Bot. Sci. 93, 807–817.
- Santoso, B., 2009. Peluang Pengembangan Agave sebagai Sumber Serat Alam. Perspektif. 8, 84–95.
- Singh, T., Samanta, S., 2014. Characterization of natural fiber reinforced composites bamboo and sisal. A Rev. Int. J. Res. Eng. Technol. 3, 187–195.
- Srinivasakumar, P., Nandan, M., Kiran, C., Rao, K., 2013. Sisal and its Potential for Creating Innovative Employment Opportunities and Economic Prospects. IOSR J. Mech. Civ. Eng. (IOSR-JMCE). 8, 01–08.